



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

REC'D 20 AUG 2004

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03380174.7

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:  
Application no.: 03380174.7  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 15.07.03  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Gamesa Eolica, S.A. (Sociedad Unipersonal)  
Poligono Industrial los Agustinos  
Calle A  
31013 Pamplona (Navarra)  
ESPAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

A control system for a double-fed induction generator, a double-fed induction generator system and a method for protecting the converter in a power generation system

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H02P9/00

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI

SISTEMA DE CONTROL PARA UN GENERADOR DE INDUCCIÓN DE DOBLE  
ALIMENTACIÓN, SISTEMA DE GENERADOR DE INDUCCIÓN DE DOBLE  
ALIMENTACIÓN Y MÉTODO PARA PROTEGER EL CONVERTIDOR EN UN  
SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA.

5

CAMPO TÉCNICO

La invención se refiere al control de un generador de inducción de doble  
alimentación (GIDA), especialmente para su uso en la generación de energía eólica.

10

ESTADO DE LA TÉCNICA

15

20

Uno de los problemas básicos implicados en la generación de energía eléctrica  
usando energía eólica es el hecho de que la velocidad de la turbina debe poder variar  
según la velocidad del viento, con el fin de mejorar la eficacia de la energía y reducir  
las cargas mecánicas en la turbina eólica. Sin embargo, a pesar de las variaciones en  
la velocidad de la turbina, la potencia de salida del generador de energía eólica  
debería mantenerse a una frecuencia constante, correspondiente a la frecuencia de la  
red o rejilla de distribución de energía eléctrica a la que se acopla el generador. Es  
decir, se desea una Frecuencia Constante de Velocidad Variable (FCVV). En la  
generación de energía eólica, con el fin de lograr el funcionamiento de FCVV, se han  
usado Generadores de Inducción de Doble Alimentación (GIDA); los sistemas que  
incluyen GIDA se describen en, por ejemplo:

25

*Pena, R.S., et al., "Vector Control of a Variable Speed Doubly-Fed Induction  
Machine for Wind Generation Systems", EPE Journal, Vol. 6, nº 3-4, diciembre de  
1996, págs. 60-67.*

*Weiss, H., "Rotor Circuit GTO Converter for Slip Ring Induction Machines",  
ENE-97 (Trondheim), págs. 2717-2728.*

*Documento JP-A-07-067393*

*Documento JP-A-07-194196*

30

35

Un sistema de GIDA convencional se muestra en la figura 1. Un rotor 1 de un  
generador que comprende una máquina asíncrona eléctrica de múltiples fases (en  
este caso, trifásica) se conecta, a través de una caja 4 de engranajes, a un eje 5  
accionado por las paletas 3 de una turbina eólica. Los arrollamientos del estátor 2 del  
generador se conectan, a través de un interruptor 6, a las líneas 100 de salida  
conectadas a un transformador 101, mediante el cual se conectan las líneas de salida  
a la red o rejilla 102 de distribución de energía eléctrica, normalmente una red de

tensión media (10 kV – 40 kV). Normalmente, la tensión de las líneas de salida del estátor es del orden de 690 V (que se considera el nivel de tensión normal en funcionamiento del estátor).

El sistema incluye además un convertidor 7 que tiene un inversor en el lado del  
5 rotor o inversor (71, 72, 73) del rotor conectado a los arrollamientos del rotor a través de las líneas 8 de control, incluyendo cada línea de control un inductor 9. El convertidor 7 comprende además un inversor en el lado de la red o inversor (74, 75, 76) de la red conectado a las líneas 100 de salida mencionadas anteriormente (y, por tanto, a la red) a través de las líneas 103 de conexión del inversor de la red, acopladas  
10 a un transformador 104 (normalmente, para transformar desde un nivel de 480 V en el lado del convertidor hasta 690 V en el lado de la línea de salida). El transformador se conecta a las líneas 100 de salida a través de una disposición de interruptor que comprende dos interruptores dispuestos en paralelo: un interruptor 105 principal dispuesto directamente entre las líneas 100 de salida y el transformador 104 y un  
15 interruptor 106 de carga conectado en serie con una resistencia 107 de carga. Es decir, el inversor de la red está conectado a la red y a los arrollamientos del estátor, a través del transformador 104.

Los dos inversores son básicamente simétricos; cada uno de dicho inversor del rotor e inversor de la red comprende tres semipuentes (71, 72, 73; 74, 75, 76)  
20 conectados en paralelo, un semipuerto por cada fase del generador y la red, respectivamente.

El inversor (71, 72, 73) del rotor se alimenta mediante una conexión 77 de CC. El inversor (74, 75, 76) de la red controla la tensión sobre la conexión 77 de CC.

Cada semipuerto (71, 72, 73; 74, 75, 76) está hecho hasta de dos unidades  
25 idénticas conectadas en serie, comprendiendo cada unidad un TBPA 78 (Transistor Bipolar de Puerta Aislada) conectado en paralelo con un diodo 79 de rueda libre.

Entre las dos unidades que componen cada semipuerto, el semipuerto está conectado a:

- la línea 8 de control respectiva (para los semipuentes 71-73 del inversor  
30 del rotor); o
- la línea 103 de conexión del convertidor de la red respectiva (para los semipuentes 74-76 del inversor de la red).

El funcionamiento de los TBPA 78 de los inversores (71-76) se controla mediante un módulo 80 de control, dispuesto para recibir una pluralidad de señales de  
35 entrada correspondientes a los valores de varios parámetros del sistema, incluyendo:

$I_G$ : corriente en las líneas 100 de salida en el punto de conexión con el transformador 101 para la conexión a la red (que se considera que es la "corriente suministrada a la red");

5.  $U_G$ : tensión en las líneas 100 de salida (que se considera que es la "tensión suministrada a la red");

$I_S$ : corriente en las líneas 100 de salida en el extremo conectado al estátor, entre el interruptor 6 y la conexión de la rama para suministrar el convertidor (mediante los interruptores 105 y 106 y el transformador 104) (que se considera que es la "corriente del estátor");

10.  $U_S$ : tensión del estátor, medida en los arrollamientos del estátor (entre el estátor 2 y el interruptor 6);

$I_L$ : corriente en las líneas 8 de control que conectan los arrollamientos del rotor y el inversor del rotor entre sí; y

la velocidad de rotación del rotor, medida mediante un codificador 85.

15. Con estas entradas, el módulo 80 de control puede controlar la MAI (Modulación de la Anchura del Impulso) de los dos inversores.

El módulo 80 de control recibe una señal de referencia de energía (SRE) procedente del controlador principal de la turbina eólica (no mostrado en la figura 1), que está dispuesto para recibir información, tal como la energía real suministrada por el generador, las posiciones de las paletas, la velocidad del viento, etc. El principal controlador de la turbina eólica es responsable del funcionamiento total de la turbina eólica y controla una pluralidad de subcontroladores, incluyendo el convertidor 7.

20. En el convertidor 7, la señal de referencia de la energía se compara con la energía medida (en base a los valores medidos de  $I_G$  y  $U_G$ ) y la salida de un bucle de regulación de la energía del módulo 80 de control controla la MAI del inversor del rotor. La conexión de CC se controla por el inversor de la red. La tensión de la conexión de CC es constante cuando el convertidor funciona en condiciones normales. En el circuito del presente ejemplo (figura 1), la tensión de conexión de CC puede ser, en condiciones normales, alrededor de  $800 V_{CC}$ .

30. Básicamente, el convertidor 7 funciona tal como sigue:

Para iniciar el funcionamiento del convertidor, el interruptor 106 de carga se cierra. Luego se cargará la conexión 77 de CC sobre la resistencia 107 de carga y los diodos 79 de rueda libre del inversor de la red. La tensión sobre la conexión de CC se mide mediante el módulo 80 de control. Cuando la tensión sobre la conexión de CC

alcanza un nivel predeterminado, el Interruptor 105 principal se cierra y el interruptor 106 de carga se abre.

Una vez cerrado el interruptor 105 principal, el inversor de la red se pone en marcha y la tensión de la conexión de CC se controlará por el inversor de la red, para  
5 mantener la tensión sobre la conexión de CC a un valor nominal (en este ejemplo, alrededor de  $800 V_{CC}$ ). El inversor de la red puede suministrar energía a la red (como un generador) o pueden tomar energía de la red (como un motor). El inversor de la red funciona de acuerdo con la tensión sobre la conexión de CC: si esta tensión tiende a  
10 aumentar (debido a la entrada desde el inversor del rotor), el inversor de la red suministra energía a la red; si la tensión sobre la conexión de CC tiende a disminuir, el inversor de la red toma la energía de la red.

Si la tensión sobre la conexión de CC es la misma que el valor nominal ( $800 V_{CC}$ ) y la turbina eólica gira dentro de su intervalo predefinido de velocidad, el inversor del rotor se pone en marcha; esto significa que el módulo 80 de control comienza a  
15 hacer funcionar la MAI del inversor del rotor, disparando y no disparando, respectivamente, cada TBPA 78 de los semipuentes (71-73) del inversor del rotor. Con la corriente del rotor / tensión del rotor resultante, el módulo 80 de control controla el lado del estátor (ya que el generador actúa como un transformador). En el lado del estátor, el módulo 80 de control mide una tensión de CA ( $U_s$  en los dibujos, a veces  
20 también conocido como  $U_{SYNC}$ ) y controla el inversor del rotor (ajustando la MAI) hasta que esta tensión  $U_s$  del estátor es idéntica a la tensión  $U_G$  de la red. Una vez que ambas tensiones son idénticas, el interruptor 6 se cierra, conectando así los arrollamientos del estátor a la red. Con la MAI del inversor del rotor ahora es posible controlar la energía activa y reactiva de la energía total suministrada a la red.

Es necesario proteger los componentes electrónicos de energía del convertidor  
25 7 frente a las corrientes altas (sobreintensidades de corriente) y sobretensiones que pueden aparecer en las líneas 8 de control que conectan los arrollamientos del rotor con el inversor del rotor. Por ejemplo, si hay un cortocircuito en la red 102, el generador 2 alimenta corrientes ( $I_s$ ) del estátor elevadas en el cortocircuito y las  
30 corrientes del rotor aumentan muy rápidamente. Con el fin de proteger el generador y el convertidor, el interruptor 6 que conecta el generador a la red se abre entonces, pero existe un retraso sustancial (normalmente alrededor de 50 ms) antes de que tenga lugar realmente la desconexión, y durante este tiempo, las elevadas corrientes del rotor pueden dañar el convertidor.

Con el fin de proteger al convertidor, se conoce dotar al convertidor 7 con un denominado "protector 90 de sobretensión", dispuesto de manera que se cortocircuiten los arrollamientos del rotor, cuando sea necesario, para absorber las corrientes del rotor y evitar que entren en el inversor del rotor y que dañen a los componentes de los mismos. Un ejemplo típico de disposición básica de un protector de sobretensión conocido se muestra en la figura 2: Básicamente, el protector de sobretensión comprende tres ramas dispuestas en paralelo, comprendiendo cada rama dos diodos (91, 92; 93, 94; 95, 96) conectados en serie. Entre los dos diodos en cada rama, existe un punto de conexión del protector de sobretensión al arrollamiento del rotor respectivo. En serie con las tres ramas que comprenden los diodos, existe una rama adicional que comprende un tiristor 98 de energía y, opcionalmente una resistencia 97. El protector de sobretensión se hace funcionar de la siguiente forma:

En el funcionamiento normal, el tiristor 98 se bloquea, de manera que no fluye corriente alguna a través del tiristor. Por tanto, no puede fluir corriente alguna a través de los diodos 91-96 y las corrientes del rotor se alimentan todas al inversor (71-73) del rotor del convertidor 7, a través de las líneas 8 de control. Ahora, cuando hay un gran aumento de corrientes en el rotor, estas corrientes sobrecargan los TBPA del inversor del rotor y se detendrá la MAI de los TBPA 78 (es decir, el funcionamiento de los TBPA se detiene) mediante el módulo 80 de control (el módulo 80 de control lee el valor de la corriente  $I_L$ , a través de las líneas 8 de control y se programa para detener el funcionamiento de los TBPA cuando dichas corrientes aumentan por encima de un cierto nivel). Las corrientes del rotor fluirán entonces a través de los diodos 79 de rueda libre, haciendo que aumente la tensión sobre la conexión 77 de CC. Este aumento se detecta por el módulo 80 de control y, una vez que la tensión sobre la conexión de CC alcanza un umbral predeterminado, el módulo de control activa el tiristor 98 de energía del protector de sobretensión, lo que permite que las corrientes fluyan a través de dicho tiristor. Después, las elevadas corrientes del rotor comenzarán a fluir a través de los diodos del protector de sobretensión, en lugar de a través del inversor del rotor. La tensión del rotor será prácticamente cero, ya que el protector de sobretensión actúa como un cortocircuito.

A continuación, el interruptor 6 se abre, desconectando así el estátor 2 de la red; el generador se desmagnetizará entonces sobre dicho interruptor 6 y el protector 90 de sobretensión. Después de esto, el generador puede conectarse de nuevo a la red, una vez que la tensión de la red ha vuelto al valor nominal.

Las figuras 3A-3G muestran, usando el mismo eje de tiempo, el desarrollo de algunos de los parámetros de un sistema según la figura 1 con un protector de sobretensión de la técnica anterior según la figura 2, cuando se produce un cortocircuito en la red. Se hace referencia a los siguientes puntos de tiempo:

t1: tiempo en el que se produce el cortocircuito en la red

t2: tiempo en el que se dispara el protector de sobretensión

t3: tiempo en el que se desconecta el generador de la red (abriendo el interruptor 6)

t4: tiempo en el que vuelve a conectarse el generador a la red (cerrando el interruptor 6)

La figura 3A muestra la caída de  $U_G$  en el tiempo t1 (tiempo para el cortocircuito en la red).

La figura 3B muestra la corriente  $I_s$  del estátor. En t1, la corriente del estátor comienza a aumentar rápidamente y continúa a un nivel elevado hasta el tiempo t3, en el que el interruptor 6 se abre, desconectando así el estátor de la red (entonces, se interrumpe la corriente del estátor). Posteriormente, una vez que la tensión sobre la red ha vuelto a su valor nominal, el generador vuelve a conectarse a la red (en t4) y las corrientes del estátor comienzan a fluir de nuevo.

La figura 3C muestra cómo cambia la corriente  $I_R$  del rotor casi en la misma forma que la corriente del estátor (debido al hecho de que el rotor y el estátor actúan como los lados primario y secundario de un transformador). La única diferencia se debe al hecho de que la corriente magnetizante para el generador proviene del lado del rotor. Por tanto, en la figura 3C, poco antes de t4, puede observarse una pequeña corriente magnetizante.

La figura 3D muestra la corriente procedente del rotor al inversor ( $I_L$ ) del rotor. En t1, esta corriente del inversor del rotor aumenta rápidamente (tras el aumento en las corrientes del rotor, que alimentarán todas al inversor del rotor). El inversor del rotor se para mediante el módulo 80 de control y la corriente fluye entonces a través de los diodos 79 de rueda libre, en la conexión de CC. La tensión sobre la conexión ( $U_{CC}$ ) de CC (compárese con la figura 3E) aumenta muy rápidamente, hasta que alcanza un cierto nivel. Entonces, en el tiempo t2, el protector de sobretensión se dispara por el módulo de control (que ha estado leyendo la tensión sobre la conexión de CC). La corriente del rotor se conmuta entonces en el protector de sobretensión (e  $I_L$  descendiendo hasta cero casi inmediatamente, es decir, no se alimenta corriente desde el rotor al convertidor 7). Una vez que la tensión vuelve a la red, el inversor del rotor



comienza a suministrar la corriente magnetizante al rotor del generador y se sincroniza con la red. Tras la conexión del generador a la red (en  $t_4$ ), la corriente del rotor aumenta de nuevo hasta el valor nominal (compárese con la figura 3C) (si hay suficiente energía en el viento).

5 En la figura 3E, se muestra cómo, en  $t_1$ , la conexión de CC se carga rápidamente (por tanto, aumenta la tensión  $U_{CC}$  sobre la conexión de CC). En  $t_2$ , el protector de sobretensión se dispara y se detiene la carga. La descarga de la conexión de CC se realiza mediante el inversor de la red. El inversor de la red descarga la conexión de CC por debajo del valor nominal ( $800 V_{CC}$ ).

10 La figura 3F muestra la corriente a través del protector de sobretensión  $I_{CR}$ . En el tiempo  $t_2$ , el protector de sobretensión supera la corriente total del rotor.

Finalmente, la figura 3G muestra la tensión del rotor  $U_R$ . Al comienzo, la tensión del rotor está en su nivel normal de funcionamiento. En  $t_1$ , el inversor del rotor se para y se rectifican los saltos de tensión del rotor hasta el nivel de la conexión de CC. La  
15 tensión del rotor aumenta con la tensión sobre la conexión de CC, hasta  $t_2$ , cuando se dispara el protector de sobretensión; después, el rotor se cortocircuita y la tensión del rotor disminuye hasta cero. Una vez que el interruptor 6 se abre y el generador se desconecta de la red, el protector de sobretensión se abre de nuevo. Una vez que la  
20 tensión de la red ha vuelto de nuevo a su valor nominal, el inversor del rotor se sincroniza y la tensión del rotor vuelve de nuevo a su nivel normal de funcionamiento.

La desconexión del generador de la red, tal como en el ejemplo anterior, se ha usado tradicionalmente de manera que proteja al generador y al convertidor cuando se producen problemas en la red (tal como cortocircuitos que dan lugar a subidas de la corriente del rotor) y, también por motivos relacionados con el tratamiento de la red.  
25 Tradicionalmente, no se ha considerado que la desconexión suponga ningún problema sustancial en lo que respecta al suministro total de energía a la red, ya que los generadores de energía eólica han representado una parte muy pequeña de la energía total suministrada a la red (normalmente, por debajo del 5% del suministro de energía total). Sin embargo, en muchos países, la generación de energía eólica está  
30 representando una parte de generación de energía eléctrica que está aumentando rápidamente y, en algunos países, la generación de energía eólica representa una parte tan importante de la generación total de energía que la desconexión repentina de los generadores de energía eólica puede producir graves problemas en la distribución de energía eléctrica total sobre la red.

Por tanto, se desea proporcionar una disposición que pueda funcionar apropiadamente sin necesidad de desconectar el generador de la red en el caso de un cortocircuito en la red.

Sin embargo, en la disposición de la técnica anterior descrita anteriormente y que usa el protector 90 de sobretensión para proteger al convertidor 7, es necesario desconectar el generador de la red, ya que el protector de sobretensión disparado crea un gran cortocircuito en el lado del rotor. Si el estátor no estuviera desconectado de la red, este cortocircuito del rotor produciría una sobreintensidad de corriente estable en los arrollamientos del rotor y del estátor. La tensión del rotor durante el funcionamiento normal, con deslizamiento y tensión nominal de la red, es de aproximadamente 200 Vrms. Si el rotor se cortocircuita y si el estátor no está desconectado de la red, durante mucho tiempo habrá sobreintensidades de corriente del orden de, normalmente, tres veces la corriente nominal. Si el protector de sobretensión se desconecta entonces, estas sobreintensidades de corriente "saltarán" al Inversor del rotor y producirán una sobretensión en la conexión 77 de CC. Después, el protector 90 de sobretensión se disparará de nuevo, etc. Básicamente, no hay forma de salir de este bucle. Por tanto, con el fin de evitar estas sobreintensidades de tensión de mucho tiempo, el estátor debe estar desconectado de la red.

En los documentos JP-A-07-067393 y JP-A-07-194196 mencionados anteriormente, el problema relacionado con la caída de la tensión en la red se soluciona añadiendo un circuito troceador en paralelo con la conexión de CC. Las corrientes del rotor fluyen entonces a través de los diodos de rueda libre del inversor del rotor y carga la conexión de CC. Cuando la tensión sobre la conexión de CC aumenta por encima de un nivel predeterminado, se activa un troceador en serie con una resistencia y la tensión sobre la conexión de CC se limita mediante la descarga de la conexión de CC sobre el circuito troceador. Sin embargo, esta solución requiere que los diodos de rueda libre del inversor del rotor se escojan de manera que se soporten corrientes elevadas (ya que las corrientes del rotor continuarán fluyendo a través de los diodos de rueda libre del inversor del rotor). Además, el troceador necesita un interruptor que pueda desconectarse, como GTO o TBPA, es decir, un interruptor activo. Además por motivos de protección, debe haber un protector de sobretensión dispuesto en paralelo con el inversor del rotor.

Es un objeto de la presente invención proporcionar una disposición que proporcione protección al convertidor sin necesidad de desconectar el estátor de la red en el caso de un cortocircuito en la red y que no requiera ningún aumento del tamaño

de los diodos de rueda libre y, preferiblemente, ningún interruptor activo. Preferiblemente, la disposición no debe requerir ningún protector de sobretensión.

### DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Un primer aspecto de la invención se refiere a un sistema de control para un generador de inducción de doble alimentación (GIDA) que comprende un rotor que tiene arrollamientos del rotor y un estátor que tienen arrollamientos del estátor conectables a una red para la distribución de energía eléctrica, comprendiendo dicho sistema de control un convertidor, comprendiendo dicho convertidor los siguientes componentes:

- un inversor del rotor conectable a los arrollamientos de rotor del generador,
- un inversor de la red conectable a la red y/o a los arrollamientos del estátor, y
- una conexión de CC para alimentar el inversor del rotor.

Según la invención, el convertidor comprende además una unidad fijadora para proteger al convertidor de los daños producidos por sobreintensidad de corriente en los arrollamientos del rotor, siendo conectable dicha unidad fijadora sobre los arrollamientos del rotor y estando dispuesta para dispararse desde un estado de reposo hasta un estado de funcionamiento tras la detección de una sobreintensidad de corriente en los arrollamientos del rotor, comprendiendo dicha unidad fijadora un elemento fijador dispuesto de manera que cuando la unidad fijadora está en su estado de reposo, las corrientes en los arrollamientos del rotor no pueden pasar a través de dicho elemento fijador, y cuando la unidad fijadora está en su estado de funcionamiento, las corrientes en los arrollamientos del rotor pueden pasar a través de dicho elemento fijador. El elemento fijador comprende al menos un elemento pasivo de resistencia que depende de la tensión, para proporcionar una tensión de fijación sobre los arrollamientos del rotor.

El elemento de resistencia que depende de la tensión puede escogerse de manera que, para cualquier valor esperado de corrientes del rotor que se produzcan durante el cortocircuito en la red, se obtendrá una tensión de fijación apropiada sobre el elemento fijador y, por tanto, sobre los arrollamientos del rotor. Es importante que dicha tensión de fijación esté dentro de un intervalo predeterminado. Especialmente, debe evitarse que sea demasiado baja, ya que una tensión de fijación demasiado baja supondría que las corrientes en los arrollamientos del rotor disminuirían muy lentamente (siempre que el estátor permanezca conectado a la red. En realidad, si la tensión de fijación es inferior al nivel de la tensión del rotor durante el funcionamiento normal, las corrientes del rotor nunca serán inferiores a cero.

Se desea que las corrientes del rotor disminuyan lo más rápidamente posible, de manera que permitan que el convertidor comience a funcionar de nuevo, devolviendo la unidad fijadora a su estado de reposo (por lo que las corrientes del rotor se conmutan de nuevo al inversor del rotor), de manera que el convertidor pueda tomar de nuevo el control del generador. Se considera importante que el convertidor pueda tomar el control de las corrientes del rotor lo antes posible, de manera que pueda controlar la salida de potencia a la red también durante la duración del cortocircuito en la red (esto se requiere normalmente por parte del operador de la red).

Por tanto, es importante que el elemento fijador sea un elemento de resistencia que depende de la tensión, de manera que la tensión no sea una función puramente lineal de las corrientes del rotor: el uso de una resistencia normal supondría que la tensión de fijación sería (sustancialmente) directamente proporcional a las corrientes del rotor en cada momento. Cuando se elige una resistencia, habría que tener cuidado de manera que se escogiera un valor de resistencia suficientemente bajo como para asegurarse de que la tensión de fijación nunca excedería un nivel máximo permitido para la tensión del rotor, ni siquiera si la corriente que fluye a través de la resistencia alcanzara el nivel más alto de la corriente del rotor que pudiera esperarse. Sin embargo, tal valor bajo de resistencia podría dar origen a un nivel demasiado bajo de la tensión de fijación si las corrientes reales del rotor producidas debido a un cortocircuito en la red fueran de un nivel mucho más bajo que dicho nivel más alto que pudiera esperarse. En tal caso, con una tensión de fijación demasiado baja, las corrientes del rotor no disminuirían lo suficientemente rápido como para que se permita que el convertidor tome el control de nuevo, o al menos no para que tome el control tan rápidamente como podría desearse. El uso de una resistencia de resistencia baja produciría una elevada sobreintensidad de corriente en el estado estacionario en los arrollamientos del rotor, con tensión nominal del rotor.

Sin embargo, usando un elemento de resistencia que depende de la tensión, es posible escoger este elemento para proporcionar una tensión de fijación bastante bien definida, dentro de un intervalo bastante corto, para un amplio intervalo de posibles corrientes del rotor. En realidad, hay elementos que pueden proporcionar una tensión de fijación sustancialmente constante para cualquier valor del nivel de corriente del rotor, dentro de un intervalo muy amplio, incluyendo básicamente el intervalo completo de posibles niveles de corriente del rotor que podría esperarse que se produjeran debido a un cortocircuito en la red.

El uso de un elemento pasivo de resistencia dependiente de la tensión es especialmente ventajoso, ya que proporciona una tensión de fijación bastante bien definida sin requerir ningún control complejo de la unidad fijadora. Básicamente, es suficiente disparar la unidad fijadora de manera que permita que las corrientes del rotor pasen a través de la unidad fijadora, en lugar de a través del inversor del rotor. Para disparar la unidad fijadora, puede usarse un elemento disparador simple, tal como un tiristor de energía, que puede disponerse en serie con el(los) elemento(s) fijador(es) y el arrollamiento del rotor respectivo y dispararse desde el módulo de control usando una corriente muy baja (por ejemplo, inferior a 1A, aplicada a través de un transformador de impulso simple). La fijación de la tensión sobre los arrollamientos del rotor se logra por el propio elemento de resistencia que depende de la tensión y no es necesario un control adicional. Es decir, no es necesario un control "activo" de esta tensión de fijación; una vez que la corriente del estátor es inferior a su valor nominal, el módulo de control puede parar simplemente el disparo de los tiristores y, por tanto, parar el flujo de las corrientes del rotor a través de la unidad fijadora tras el siguiente cruce cero de la corriente a través del tiristor.

El elemento fijador puede comprender una pluralidad de elementos pasivos de resistencia que dependen de la tensión, dispuestos en paralelo, permitiendo así que corrientes del rotor muy elevadas fluyan a través del elemento fijador sin dañar los elementos pasivos de resistencia individuales que dependen de la tensión.

El(los) elemento(s) pasivo(s) de resistencia que depende(n) de la tensión puede(n) comprender (cada uno):

- un varistor (o una pluralidad de varistores, conectados en serie);
- un diodo Zener (o una pluralidad de diodos Zener, conectados en serie); y/o
- un diodo de supresión (o una pluralidad de diodos de supresión, conectados en serie);

Ejemplos de elementos pasivos de resistencia adecuados que dependen de la tensión son los siguientes:

- varistor: B80K320 del fabricante EPCOS;
- diodo de supresión: BZW50-180 del fabricante ST.
- diodo Zener: BZG05C100 del fabricante Vishay

La unidad fijadora puede comprender, para cada fase del rotor, un conector para la conexión a la fase respectiva del rotor, estando conectado cada conector a una rama de disparo que comprende, en serie: un punto de conexión de la unidad fijadora al conector para la conexión a la fase respectiva del rotor; un tiristor para disparar la

unidad fijadora; el elemento fijador; un diodo; y el punto de conexión al conector para la conexión a la fase respectiva del rotor. La unidad fijadora puede comprender además una resistencia acoplada en paralelo con el elemento fijador.

La unidad fijadora puede estar dispuesta para dispararse desde un estado de reposo hasta un estado de funcionamiento:

- cuando la tensión sobre la conexión de CC aumenta por encima de un nivel predeterminado (es decir, la sobreintensidad de corriente en los arrollamientos del rotor se detecta midiendo la tensión sobre la conexión de CC);

- cuando la tensión sobre los arrollamientos del rotor aumenta por encima de un nivel predeterminado (es decir, la sobreintensidad de corriente en los arrollamientos del rotor se detecta midiendo la tensión sobre los arrollamientos del rotor);

- cuando las corrientes en los arrollamientos del rotor aumentan por encima de un nivel predeterminado (es decir, la sobreintensidad de corriente en los arrollamientos del rotor se detecta midiendo las corrientes en los arrollamientos del rotor); y/o

- cuando las corrientes en los arrollamientos del estátor aumentan por encima de un nivel predeterminado (es decir, la sobreintensidad de corriente en los arrollamientos del rotor se detecta midiendo las corrientes en los arrollamientos del estátor).

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un sistema generador de inducción de doble alimentación (GIDA), que comprende un rotor que tiene arrollamientos del rotor y un estátor que tiene arrollamientos del estátor conectables a una red para la distribución de energía eléctrica, comprendiendo dicho sistema generador de inducción de doble alimentación un sistema de control tal como se describió anteriormente, estando el inversor del rotor conectado a los arrollamientos del rotor del generador, estando el inversor de la red conectado a la red y estando la unidad fijadora conectada sobre los arrollamientos del rotor.

Un tercer aspecto de la invención se refiere a un método para proteger el convertidor en un sistema de generación de energía que comprende un generador de inducción de doble alimentación (GIDA), que comprende un rotor que tiene arrollamientos del rotor, un estátor que tiene arrollamientos del estátor conectados a una red para la distribución de energía eléctrica y un sistema de control que comprende un convertidor, comprendiendo dicho convertidor un inversor del rotor

conectado a los arrollamientos del rotor del generador, un inversor de la red conectado a la red y/o a los arrollamientos del estátor, y una conexión de CC para alimentar el inversor del rotor. El método comprende las etapas de:

5. conectar una unidad fijadora que tiene un elemento fijador sobre los arrollamientos del rotor, comprendiendo dicha unidad fijadora un elemento fijador dispuesto de manera que, cuando la unidad fijadora está en un estado de reposo, las corrientes en los arrollamientos del rotor no pueden pasar a través de dicho elemento fijador, y cuando la unidad fijadora está en su estado de funcionamiento, las corrientes en los arrollamientos del rotor pueden pasar a través de dicho elemento fijador, comprendiendo dicho elemento fijador al menos un elemento pasivo de resistencia que, depende de la tensión para proporcionar una tensión de fijación sobre los arrollamientos del rotor; y

10. disparar la unidad fijadora a su estado de funcionamiento cuando se detecta una sobreintensidad de corriente en los arrollamientos del rotor.

15. La unidad fijadora puede dispararse desde un estado de reposo hasta un estado de funcionamiento, por ejemplo,

- cuando la tensión sobre la conexión de CC aumenta por encima de un nivel predeterminado,
- cuando la tensión sobre los arrollamientos del rotor aumenta por encima de un nivel predeterminado,
- 20. - cuando las corrientes en los arrollamientos del rotor aumentan por encima de un nivel predeterminado, y/o
- cuando las corrientes en los arrollamientos del estátor aumentan por encima de un nivel predeterminado.

25

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra esquemáticamente un sistema GIDA según el estado de la técnica.

30. La figura 2 muestra esquemáticamente un protector de sobretensión según el estado de la técnica.

La figura 3 ilustra esquemáticamente los cambios en algunos de los parámetros del sistema según el estado de la técnica, durante un periodo de tiempo tras un cortocircuito en la red.

La figura 4 ilustra esquemáticamente los cambios en algunos de los parámetros del sistema según una realización preferida de la invención, durante un periodo de tiempo tras un cortocircuito en la red.

La figura 5 muestra esquemáticamente un sistema según una realización preferida de la invención.

La figura 6 muestra esquemáticamente un sistema según otra realización preferida de la invención.

La figura 7 muestra esquemáticamente una unidad fijadora según una realización preferida de la invención.

#### DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS DE LA INVENCION

Las figuras 5 y 6 ilustran dos realizaciones preferidas de la invención. La mayoría de los componentes ilustrados corresponden exactamente a los del sistema de la técnica anterior descrita con referencia a la figura 1; estos componentes llevan los mismos números de referencia y no necesitan descripción adicional. Sin embargo, en lugar del convertidor 7 de la figura 2, las figuras 5 y 6 ilustran convertidores que comprenden los mismos elementos básicos, pero:

la figura 5 ilustra un convertidor 170 en el que el protector de sobretensión se ha sustituido por una unidad 190 fijadora, comprendiendo el convertidor un módulo 180 de control adaptado para controlar dicha unidad fijadora (aparte de esto, el módulo 180 de control funciona como el módulo 80 de control del sistema de la figura 1); y

la figura 6 ilustra un convertidor 171 en el que la unidad 190 fijadora se ha incorporado en paralelo con el protector 90 de sobretensión, comprendiendo el convertidor un módulo 181 de control adaptado para controlar dicha unidad fijadora y protector de sobretensión (aparte de esto, el módulo 181 de control funciona como el módulo 80 de control del sistema de la figura 1).

La figura 7 ilustra una realización preferida de la unidad fijadora que comprende, para cada fase del rotor, un conector (300) para la conexión a la fase respectiva del rotor. Cada conector está conectado a una rama de disparo que comprende, en serie: un punto de conexión (297) de la unidad fijadora al conector (300) para la conexión a la fase respectiva del rotor; un tiristor (295) para disparar la unidad fijadora; el elemento (290) fijador; un diodo (296); y el punto (297) de conexión al conector (300) para la conexión a la fase respectiva del rotor.



El tiristor 295 y el diodo 296 pueden integrarse en un único componente, tal como SKKH210/12E de Semikron. El elemento 290 fijador puede ser un varistor tal como B80K320 de EPCOS.

5 (En lugar del diodo 296, podría usarse un tiristor, con la ventaja de que el retraso entre la parada del disparo de la unidad fijadora y la parada real de la corriente que fluye a través de la unidad fijadora se reduce hasta el 50%, en comparación con cuando se usa un diodo).

10 La figura 4A muestra la tensión de la red, apareciendo un cortocircuito en  $t_{11}$ . Entonces, la corriente  $I_s$  del estátor (figura 4B) aumenta rápidamente. Sin embargo, en este caso, el generador no está desconectado y se desmagnetizará sobre las corrientes del estátor y del rotor y entonces disminuirán las corrientes del estátor y del rotor. Una vez que las corrientes del estátor son inferiores al nivel nominal (aproximadamente en  $t_{13}$ ) la unidad 190 fijadora se abrirá mediante el módulo (180, 181) de control y las corrientes del rotor fluirán de nuevo en el inversor del rotor. El  
15 convertidor mide las corrientes del rotor (midiendo las corrientes  $I_L$  en las líneas de control) y sincroniza la MAI con esas corrientes. El inversor del rotor controla las corrientes del rotor y proporciona una corriente constante del estátor y del rotor a través de la duración restante del cortocircuito (desde  $t_{14}$  hasta  $t_{15}$  en las figuras 4B y 4C). Después, cuando la tensión de la red vuelve a su valor nominal, el generador no  
20 está suficientemente magnetizado y desde la red fluye una corriente elevada hasta el estátor y produce una sobreintensidad de corriente (en el intervalo entre  $t_{15}$  y  $t_{17}$  en la figura 4C). El inversor del rotor se para entonces de nuevo y el generador se magnetizará desde la red. Después de esto, la corriente del estátor disminuye y, una vez bajo el valor nominal ( $t_{17}$ ), la unidad 190 fijadora se abre y el inversor del rotor  
25 alcanza de nuevo el control de la corriente del rotor.

La corriente ( $I_R$ ) del rotor (figura 4C) es casi la misma que la corriente del estátor.

La figura 4D muestra la corriente  $I_L$  hasta el inversor del rotor (es decir, la corriente desde el rotor hasta el convertidor). En  $t_{11}$ , la corriente del rotor aumenta  
30 rápidamente y en  $t_{12}$ , la unidad 190 fijadora se dispara (justo cuando el protector de sobretensión se disparaba en el sistema de la técnica anterior descrito anteriormente). Por tanto, la corriente del rotor se conmuta en la unidad 190 fijadora e  $I_L$  disminuye hasta cero. Una vez que la corriente del estátor disminuye por debajo de la corriente ( $t_{13}$ ) nominal, la unidad fijadora se abre por el módulo (180, 181) de control y la  
35 corriente del rotor se conmuta en el inversor del rotor. El inversor del rotor se

sincroniza con la corriente del rotor y controla la corriente durante la parte restante de la duración del cortocircuito (t14-t15). En el tiempo entre t14 y t15, el operador de la red requiere que la turbina eólica suministre activamente una corriente en el cortocircuito fuera de la turbina eólica, con el fin de provocar una desconexión más rápida del cortocircuito abriendo un disyuntor de alta tensión en la red. Entre otras cosas, para este propósito, el generador debe controlarse durante la mayor parte de la duración del cortocircuito. La invención permite que el inversor del rotor se pare sólo en los tiempos de paso correspondientes a la presencia de sobreintensidades de corriente dinámicas producidas por rápidos cambios de tensión en la red.

10 Cuando la tensión de la red vuelve a su valor nominal (t15), la corriente del rotor aumenta rápidamente y el inversor del rotor se para de nuevo (cuando el módulo de control mide una sobreintensidad de corriente), la unidad 190 de fijación se dispara y alcanza la corriente del rotor. Cuando la corriente del estátor disminuye por debajo del nivel nominal (t17), la unidad fijadora se abre y la corriente del rotor se conmuta de nuevo en el inversor del rotor. El inversor del rotor se sincroniza con la corriente real del rotor y comienza a funcionar de nuevo, controlando la corriente del rotor.

15 La figura 4E muestra la tensión sobre la conexión de CC. En t11, hay un primer pico de tensión transitorio, que dispara la unidad 190 fijadora (en t12). Después, tal como se describió anteriormente, la unidad fijadora se abre y la corriente del rotor se conmuta de nuevo en el inversor del rotor, comenzando a cargar de nuevo la conexión de CC (t13), hasta que el inversor del rotor alcanza el control de la corriente del rotor (esto se realiza mediante el módulo (180, 181) de control, de manera que alcance de nuevo el control del generador). Esto ocurre dos veces en la figura 4E, primero debido a la caída de tensión en la red y la segunda vez cuando la tensión de la red aumenta de nuevo.

20 La figura 4F muestra la corriente  $I_{CL}$  de fijación (corriente a través de la unidad fijadora). La unidad fijadora alcanza dos veces la corriente total del rotor, tal como se explicó anteriormente.

La figura 4G muestra la tensión  $U_R$  del rotor.

30 Inicialmente, la tensión del rotor está en su nivel de funcionamiento normal. En t11, la corriente del rotor aumenta y el inversor del rotor se para. La corriente del rotor es como una fuente de corriente y fluye sobre los diodos 79 de rueda libre, al interior de la conexión 77 de CC. Aquí, la tensión del rotor estará al mismo nivel que la tensión sobre la conexión de CC.

La tensión del rotor aumenta con el aumento de la tensión de la conexión de CC y en t12, la unidad fijadora se dispara y la tensión del rotor se fija hasta un nivel de acuerdo con las características elegidas del elemento 290 fijador. En t13, la unidad fijadora se abre y la corriente del rotor fluye al interior del inversor del rotor y la tensión del rotor salta hasta el nivel de la tensión de la conexión de CC. Tras un momento para sincronizar el inversor del rotor con la corriente real del rotor, el inversor del rotor comienza a funcionar (t14) y el nivel de la tensión del rotor está volviendo al nivel correspondiente al funcionamiento normal. Aunque el estado de cortocircuito permanece en la red (t14-15), la tensión "normal" del rotor es entonces inferior antes de t11, debido a la disminución de la tensión del estátor.

Cuando la tensión vuelve a la red (t15), el sistema reaccionará según la disminución de la tensión:

en t15, la corriente del rotor se eleva rápidamente y el inversor del rotor se para; la tensión del rotor aumenta hasta el nivel de la tensión de la conexión de CC;

en t16, la unidad fijadora se dispara y la tensión del rotor se fija hasta un nivel definido por las características del elemento 290 fijador;

en t17, la unidad fijadora se abre y la corriente del rotor fluye al interior del inversor del rotor y la tensión del rotor salta hasta el nivel de la tensión de la conexión de CC;

finalmente, tras el momento de la sincronización del inversor del rotor con la corriente real del rotor, en t18 el inversor del rotor comienza a funcionar de nuevo.

La figura 4H muestra la tensión  $U_{CL}$  de fijación. Idealmente, la tensión de fijación cambiará entre dos niveles bien definidos, concretamente, entre cero y un nivel de fijación.

A lo largo de toda la descripción y de las reivindicaciones de la memoria, la palabra "comprende" y las variaciones de la palabra, tal como "que comprende", no están destinadas a excluir otros aditivos, componentes, números enteros o etapas.

### REIVINDICACIONES

1.- Sistema de control para un generador de inducción de doble alimentación (GIDA), que comprende un rotor (1) que tiene arrollamientos del rotor y un estátor (2) que tiene arrollamientos del estátor conectables a una red para la distribución de energía eléctrica;

comprendiendo dicho sistema de control un convertidor (170, 171), comprendiendo dicho convertidor los siguientes componentes:

un inversor (71-73) del rotor conectable a los arrollamientos del rotor del generador,

un inversor (74-76) de la red conectable a la red y/o a los arrollamientos del estátor, y

una conexión (77) de CC para alimentar el inversor del rotor;

comprendiendo adicionalmente el convertidor (170, 171) una unidad (190) fijadora para proteger al convertidor de los daños producidos por sobreintensidad de corriente en los arrollamientos del rotor, siendo conectable dicha unidad (190) fijadora sobre los arrollamientos del rotor y estando dispuesta para dispararse desde un estado de reposo hasta un estado de funcionamiento tras la detección de una sobreintensidad de corriente en los arrollamientos del rotor, comprendiendo dicha unidad fijadora un elemento (290) fijador dispuesto de manera que

cuando la unidad fijadora está en su estado de reposo, las corrientes en los arrollamientos del rotor no pueden pasar a través de dicho elemento fijador, y

cuando la unidad fijadora está en su estado de funcionamiento, las corrientes en los arrollamientos del rotor pueden pasar a través de dicho elemento fijador,

comprendiendo al menos dicho elemento fijador un elemento (291, 292, 293, 294) pasivo de resistencia que depende de la tensión, para proporcionar una tensión de fijación sobre los arrollamientos del rotor.

2.- Sistema de control según la reivindicación 1, en el que el elemento (290) fijador comprende una pluralidad de elementos (291, 292, 293, 294) pasivos de resistencia que dependen de la tensión, dispuestos en paralelo.

3.- Sistema de control según la reivindicación 1 ó 2, en el que al menos un dicho elemento pasivo de resistencia que depende de la tensión comprende al menos un varistor.

4.- Sistema de control según la reivindicación 1 ó 2, en el que al menos un dicho elemento pasivo de resistencia que depende de la tensión, comprende al menos un diodo Zener.

5.- Sistema de control según la reivindicación 1 ó 2, en el que al menos un dicho elemento pasivo de resistencia que depende de la tensión, comprende al menos un diodo de supresión.

5 6.- Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad fijadora comprende, para cada fase del rotor, un conector (300) para la conexión a la fase respectiva del rotor, estando conectado cada conector a una rama de disparo, que comprende, en serie: un punto (297) de conexión de la unidad fijadora al conector (300), para la conexión a la fase respectiva del rotor; un tiristor (295) para disparar la unidad fijadora; el elemento (290) fijador; un diodo (296); y el punto de  
10 conexión (297) al conector (300) para la conexión a la fase respectiva del rotor.

7.- Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad fijadora comprende adicionalmente una resistencia (298) acoplada en paralelo con el elemento (290) fijador.

15 8.- Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad fijadora está dispuesta para dispararse desde un estado de reposo hasta un estado de funcionamiento cuando la tensión sobre la conexión de CC aumenta por encima de un nivel predeterminado.

20 9.- Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que la unidad fijadora está dispuesta para dispararse desde un estado de reposo al estado de funcionamiento cuando la tensión sobre los arrollamientos del rotor aumenta por encima de un nivel predeterminado.

25 10.- Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que la unidad fijadora está dispuesta para dispararse desde el estado de reposo al estado de funcionamiento cuando las corrientes en los arrollamientos del rotor aumentan por encima de un nivel predeterminado.

30 11.- Sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que la unidad fijadora está dispuesta para dispararse desde el estado de reposo al estado de funcionamiento cuando las corrientes en los arrollamientos del estátor aumentan por encima de un nivel predeterminado.

35 12.- Sistema de generador de inducción de doble alimentación (GIDA), que comprende un rotor (1) que tiene arrollamientos del rotor y un estátor (2) que tiene arrollamientos del estátor conectables a una red para la distribución de energía eléctrica, comprendiendo dicho sistema de generador de inducción de doble alimentación un sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que

el inversor (71-73) del rotor está conectado a los arrollamientos de rotor del generador,

el inversor (74-76) de la red está conectado a la red, y

la unidad (190) fijadora está conectada sobre los arrollamientos del rotor.

5 13.- Método para proteger el convertidor en un sistema generador de energía, que comprende un generador de inducción de doble alimentación (GIDA), que comprende un rotor (1) que tiene arrollamientos del rotor y un estátor (2) que tiene arrollamientos del estátor conectados a una red para la distribución de energía eléctrica y un sistema de control que comprende un convertidor (170, 171),  
10 comprendiendo dicho convertidor un inversor (71-73) del rotor conectado a los arrollamientos de rotor del generador, un inversor (74-76) de la red conectado a la red y/o a los arrollamientos de estátor, y una conexión (77) de CC para alimentar el inversor del rotor;

comprendiendo el método las etapas de:

15 conectar una unidad (190) fijadora que tiene un elemento fijador sobre los arrollamientos del rotor, comprendiendo dicha unidad fijadora un elemento (290) fijador dispuesto de manera que, cuando la unidad fijadora está en un estado de reposo, las corrientes en los arrollamientos del rotor no pueden pasar a través de dicho elemento fijador, y cuando la unidad fijadora está en un estado de funcionamiento, las corrientes  
20 en los arrollamientos del rotor pueden pasar a través de dicho elemento fijador, comprendiendo dicho elemento fijador al menos un elemento (291, 292, 293, 294) pasivo de resistencia que depende de la tensión para proporcionar una tensión de fijación sobre los arrollamientos del rotor; y

25 disparar la unidad fijadora desde su estado de reposo a su estado de funcionamiento cuando se detecta una sobreintensidad de corriente en los arrollamientos del rotor.

14.- Método según la reivindicación 13, en el que la unidad fijadora se dispara desde el estado de reposo al estado de funcionamiento cuando la tensión sobre la conexión de CC aumenta por encima de un nivel predeterminado.

30 15.- Método según la reivindicación 13, en el que la unidad fijadora se dispara desde un estado de reposo al estado de funcionamiento cuando la tensión sobre los arrollamientos del rotor aumenta por encima de un nivel predeterminado.

35 16.- Método según la reivindicación 13, en el que la unidad fijadora se dispara desde el estado de reposo al estado de funcionamiento cuando las corrientes en los arrollamientos del rotor aumentan por encima de un nivel predeterminado.

17.- Método según la reivindicación 13, en el que la unidad fijadora se dispara desde el estado de reposo al estado de funcionamiento cuando las corrientes en los arrollamientos del estátor aumentan por encima de un nivel predeterminado.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**